



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 44 13 389 A 1

⑯ Int. Cl. 5:
H 02 K 9/04
H 02 K 16/00

DE 44 13 389 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 44 13 389.8
⑯ Anmeldetag: 18. 4. 94
⑯ Offenlegungstag: 1. 12. 94

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯
20.04.93 DE 43 12 680.4

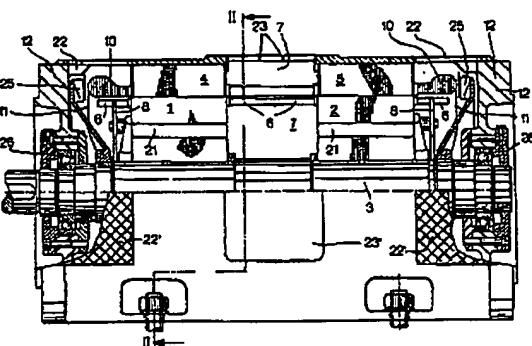
⑯ Anmelder:
Elektra-Faurndau Elektro-Maschinenbau GmbH,
73035 Göppingen, DE

⑯ Vertreter:
Bartels, H.; Fink, H., Dipl.-Ing.; Held, M., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Bartels, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 70174
Stuttgart

⑯ Erfinder:
Müller, Germar, Prof. Dr.-Ing.habil., 01129 Dresden,
DE; Läuger, A., Dr.-Ing., 73235 Weilheim, DE; Haug,
Helmut, Dipl.-Ing., 73728 Esslingen, DE

⑯ Elektrische Maschine

⑯ Bei einer elektrischen Maschine mit zwei auf einer gemeinsamen Welle (3) in axialem Abstand voneinander angeordneten Rotorblechpaketen (1, 2), zwei in entsprechendem Abstand voneinander angeordneten Statorblechpaketen (4, 5) und einer Kühlseinrichtung, die eine Luftförderseinrichtung (25) sowie in axialer Richtung verlaufende Kühlkanäle (21) aufweist, sind letztere infolge des axialen Abstandes der Blechpakete (1, 2, 4, 5) je in zwei Abschnitte unterteilt und derart mit der Luftförderseinrichtung (25) verbunden, daß die beiden Abschnitte jedes Kühlkanals (21) in entgegengesetzter Richtung durchströmt werden und in dem Ringraum (7) zwischen den Blechpaketen (1, 2, 4, 5) die Kühlluft aus einer axialen Richtung in eine radiale Richtung oder umgekehrt umgelenkt wird. Der axiale Abstand der Blechpakete (1, 2, 4, 5) ist dabei so gewählt, daß der im Ringraum (7) zwischen den Blechpaketen (1, 2, 4, 5) für die Kühlung zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Strömungsquerschnitte aller in diesen Ringraum (7) unmittelbar mündenden Kühlkanäle (18, 18', 21) ist.



DE 44 13 389 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingerichteten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 84 408 048/449

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, welche die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruches 1 aufweist.

Bei einer bekannten Maschine dieser Art (EP 0 313 310 A2) ist der Ringraum zwischen den Blechpaketen auf den Bereich zwischen den Statorblechpaketen beschränkt, weil der Zwischenraum zwischen den Rotorblechpaketen durch einen Körper aus nicht ferromagnetischem Material vollständig ausgefüllt ist, der im übrigen wie die beiden Rotorblechpakete ausgebildet ist. Die die Rotorblechpakete in axialer Richtung durchdringenden Kühlkanäle münden deshalb nicht in den mittigen Ringraum, sondern sind über entsprechende Kanäle des nicht ferromagnetischen Mittelteils miteinander verbunden. Aus dem mittigen Ringraum kann daher nur durch radiale Slitze, die im Mittelteil auf die Luftkanäle ausgerichtet sind, Luft in die Kühlkanäle der Rotorblechpakete eintreten. Die Kühlung ist deshalb bei dieser bekannten Maschine nicht sehr effektiv.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Maschine der eingangs genannten Art mit einem wirksamen Kühlsystem zu schaffen. Diese Aufgabe löst eine Maschine mit den Merkmale des Anspruches 1.

Der prinzipielle Vorteil, den der Übergang von einer Durchströmung der beiden Abschnitte aller Kühlkanäle nacheinander in der gleichen Richtung zu einer Durchströmung der beiden Abschnitte in entgegengesetzter Richtung von je einem Teilstrom der Kühlluft zu bieten vermag, nämlich daß bei gleichem GesamtkühlLuftstrom wegen des für jeden der beiden Teilströme geringeren Druckbedarfes die Förderleistung der Luftförderereinrichtung erheblich reduziert werden kann oder bei gleichbleibender Leistung der Luftförderereinrichtung stärkere Luftströme erzeugt werden, kommt erst dann zum Tragen, wenn der KühlLuftstrom nicht im Bereich des mittigen Ringraumes gedrosselt wird, d. h., wenn keine starken Änderungen der Strömungsquerschnitte vorhanden sind. Eine solche Drosselung verneidet die erfindungsgemäße Lösung, da die Kühlkanäle unmittelbar in den mittigen Ringraum münden und auch der Ringraum selbst mit etwa gleicher Geschwindigkeit wie die Kühlkanäle von der KühlLuft durchströmt wird. Die in den mittigen Ringraum ragenden Teile der Statorwicklung und der Rotorwicklung werden deshalb intensiv gekühlt, wobei außerdem das Verhältnis zwischen der KühlLuftmenge und der Leistung der Luftförderereinrichtung ein Maximum erreicht, so daß insgesamt eine optimale Kühlung sichergestellt ist.

Die erfindungsgemäße Lösung ist sowohl für Gleichstrommaschinen als auch Wechselstrom- und Drehstrommaschinen geeignet. Ferner kommt sie sowohl für Maschinen mit runder Außenkontur als auch mit rechteckiger Außenkontur in Frage. Weiterhin kann die erfindungsgemäße Maschine ein einteiliges oder ein mehrteiliges Gehäuse aufweisen sowie eine gehäuselose Bauart haben, wobei im letztgenannten Falle nur zwei Lagerschilde an den voneinander wegweisenden Enden der beiden Statorblechpakete und ein Zwischenteil für die Aufnahme der einander zugewandten Statorblechpaketenden benötigt wird. Ferner lassen sich mit den gleichen Gehäuseteilen sowohl durchzugsbelüftete als auch oberflächengekühlte Bauformen realisieren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist der Abstand zwischen den einander abgewandten Stirnflächen der Blechpakete und je einem Lagerschild so gewählt, daß in diesen beiden endseitigen Ringräumen, in denen

die KühlLuft aus einer axialen in eine radiale Richtung oder umgekehrt umgelenkt wird, der für die KühlLuft zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Strömungsquerschnitte der in den endseitigen Ringraum mündenden Kühlkanäle ist. Es ist dank einer optimalen Kühlung auch der in die beiden endseitigen Ringräume ragenden Wicklungsteile sichergestellt.

Für eine Durchzugsbelüftung ist entweder ein KühlLuftteintritt im Bereich der beiden Maschinenendabschnitte und ein KühlLuftaustritt im Bereich zwischen den beiden Statorblechpaketen oder ein KühlLuftteintritt zwischen den beiden Statorblechpaketen und ein KühlLuftaustritt in den beiden Maschinenendabschnitten vorzusehen. Es hängt dabei von den Strömungsverhältnissen ab, ob für den KühlLuftteintritt und den KühlLuftaustritt je ein Fenster im Gehäuse oder bei gehäuselosen Maschinen in den Lagerschilden und dem Zwischenteil genügt oder ob mehrere über den Umfang verteilt angeordnete Fenster erforderlich sind.

Müssen die beiden KühlLuftkreisläufe geschlossen ausgebildet sein, dann kann man die im Gehäuse vorgeesehenen Fenster für den Luftereintritt und Luftpuffaustritt an wenigstens einen außen am Gehäuse angeordneten Verbindungskanal anschließen, der den Rückfluß für die beiden im Maschineninneren gegenläufig strömenden KühlLuftteilströme bildet. Dieser Verbindungskanal kann mit einem Wärmetauscher in wärmeleitender Verbindung stehen oder einen Teil eines Wärmetauschers bilden.

In sich geschlossene Kreisläufe der beiden Teilströme lassen sich aber auch in anderer Weise erreichen. Beispielsweise kann man die drei Ringräume, von denen der eine zwischen den in axialem Abstand voneinander angeordneten Blechpaketen und die beiden anderen neben deren voneinander weg weisenden Stirnseiten liegen, durch je eine Zwischenwand, die mit Kühlrippen versehen sein kann, in einen Innenraum, in den Kühlkanäle des Rotors und des Statorblechpakete münden, und in einen Außenraum unterteilen, auf den wenigstens ein Gehäusefenster ausgerichtet ist. Die beiden inneren KühlLuftkreisläufe sind dann vollständig getrennt von den zwei äußeren KühlLuftkreisläufen. Wird die Luft für diese beiden äußeren KühlLuftkreisläufe in den Außenraum des mittleren Ringraumes eingeleitet, dann durchströmen die beiden Teilströme in entgegengesetzten Richtungen die zwischen der Außenmantelfläche des einen bzw. anderen Statorblechpakete und der Gehäuseinnenmantelfläche gebildeten Kühlkanäle oder, sofern vorhanden, in den Statorblechpaketen vorgesehene Kühlkanäle. Jeder dieser Teilströme gelangt über den Außenraum des endseitigen Ringraumes zu dem Luftpuffaustoffsfenster oder den Luftpuffaustoffsfenstern des Gehäuses. Selbstverständlich kann der Eintritt der beiden Teilströme auch in den Außenraum der beiden endseitigen Ringräume und der Austritt aus dem Außenraum des mittleren Ringraumes erfolgen.

Die erfindungsgemäße Lösung ist aber auch für Maschinen mit vollkommen geschlossenem Gehäuse vorteilhaft, da auch in diesem Falle zwei gegensinnige KühlLuftkreisläufe gebildet werden können, deren Luftströme die Kühlkanäle des Rotors sowie diejenigen des Stators und/oder diejenigen zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakete und der Innenmantelfläche des Gehäuses durchströmen und sich über den Ringraum zwischen den Blechpaketen und den einen bzw. anderen endseitigen Ringraum schließen können. Soweit erforderlich, kann hierbei in bekannter Weise

die Wärmeabgabe des Gehäuses durch eine Oberflächenbelüftung intensiviert werden.

Sofern der Rotor mit einer Stabwicklung versehen und als Kurzschlußläufer ausgebildet ist, werden die zwischen den beiden Rotorblechpaketen liegenden Stabschnitte als Radiallüfter genutzt. Aber auch im Bereich der Kurzschlußringe kann man mittels der Wicklungsstäbe einen Radiallüftereffekt erreichen. Man braucht hierzu nur den Kurzschlußring im Abstand von der Stirnfläche des Blechpaketes anzuordnen und/oder die Stäbe über den Kurzschlußring überstehen zu lassen.

Insbesondere bei gehäuselosen Maschinen kann man den für Kühlkanäle der beiden Statorblechpakete zur Verfügung stehenden Bereich dadurch vergrößern, daß man eine rechteckförmige Außenkontur der Statorblechpakete wählt. Die vier Eckbereiche können dann für Kühlkanäle genutzt werden. Bei Maschinen mit einem Gehäuse ist es hingegen vorteilhaft, die eine kreisförmige Außenkontur aufweisenden Statorblechpakete in einem im Querschnitt wenigstens annähernd rechteckförmigen Gehäuse anzuordnen. Es stehen dann in den Eckbereichen große Querschnittsflächen für die Kühlluft zur Verfügung. Dabei müssen mindestens zwei Sitzflächen für jedes Statorblechpaket vorgesehen sein, wobei im Falle von nur zwei Sitzflächen diese eine größere Erstreckung in Umfangsrichtung aufweisen müssen als bei beispielsweise vier je um 90° versetzt angeordneten Sitzflächen. In den beiden breiteren Sitzflächen läßt sich ein erhöhter Wärmeübergang erreichen, so daß sich insgesamt bessere Kühlungsverhältnisse erzielen lassen. Da spitz auslaufende Endabschnitte dieser Eckbereiche zur Kühlung nicht viel beitragen, sind bei einer bevorzugten Ausführungsform die Sitzflächen für die Statorblechpakete radial nach innen vorspringend angeordnet.

Die erfundungsgemäße Lösung ermöglicht ohne weiteres, das Gehäuse in seinem Mittelabschnitt zu teilen. Dies gilt nicht nur für den Fall, daß separate Lagerschilde vorgesehen sind. Durch die Teilung des Gehäuses ist es ohne weiteres möglich, mit jedem der beiden Teile einstückig das eine Lagerschild auszubilden. Die beiden Gehäuseteile haben dann eine topfartige Form, was auch aus fertigungstechnischen Gründen vorteilhaft ist.

Sofern eine Eigenbelüftung ausreichend ist, wird man vorteilhafterweise entweder innerhalb der beiden endseitigen Ringräume neben den beiden Rotoren je einen Radiallüfter anordnen oder bei umgekehrter Kühlrichtung statt dieser beiden Radiallüfter einen vorzugsweise beidseitig mit Schaufeln versehenen Radiallüfter zwischen den Blechpaketen des Rotors und denjenigen des Stators anordnen. Ist eine Fremdbelüftung erforderlich, dann kann man einen oder auch mehrere kleinere Fremdlüfter an den Endabschnitten oder auf halber Länge des Gehäuses auf oder seitlich an diesem anordnen.

Ein zwischen den Blechpaketen des Rotors und denjenigen des Stators angeordnetes Lüfterrad kann, wenn die beiden Teile des Rotorblechpaketes mit einer Stabwicklung versehen sind, deren Stäbe sich vom einen zum anderen Blechpaket erstrecken, auf diesen Stäben angeordnet sein. Man kann aber selbstverständlich sowohl in diesem Falle als auch dann, wenn solche Stäbe nicht vorhanden sind, das Lüfterrad auf einem zwischen den beiden Teilen des Rotors auf der Welle festgelegten Träger anordnen.

Ist eine mitrotierende Abdeckung der Läuferstäbe im mittigen Ringraum vorgesehen, kann diese so ausge-

führt sein, daß sie sowohl der mechanischen Stabilisierung als auch der Strömungsführung dient.

Im folgenden ist die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im einzelnen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine teilweise aufgebrochen und in Längsrichtung geschnitten dargestellte Seitenansicht eines ersten Ausführungsbeispiels mit im Querschnitt quadratischem Gehäuse,

Fig. 2 einen schematisch dargestellten Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 eine schematisch dargestellte Seitenansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 4 eine teilweise aufgebrochen und in Längsrichtung geschnitten dargestellte Seitenansicht des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 5 eine Stirnansicht des einen Teils des Gehäuses des zweiten Ausführungsbeispiels bei einer Blickrichtung auf das offene Ende und eine Stirnansicht ohne Darstellung der Nuten für die Wicklungen der in diesem Gehäuseteil angeordneten Blechpakete mit angedeuteten Ausführungsformen von Kühlrippen des Stators und Belüftungskanälen des Rotors,

Fig. 6 eine schematisch dargestellte Seitenansicht einer Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß den Fig. 3 bis 5,

Fig. 7 eine teilweise aufgebrochen und in Längsrichtung geschnitten dargestellte Seitenansicht eines dritten Ausführungsbeispiels,

Fig. 8 eine teilweise aufgebrochen und in Längsrichtung geschnitten dargestellte Seitenansicht eines vierten Ausführungsbeispiels,

Fig. 9 eine teilweise aufgebrochen und in Längsrichtung geschnitten dargestellte Seitenansicht eines fünften Ausführungsbeispiels,

Fig. 10 eine schematisch dargestellte Seitenansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels,

Fig. 11 eine teilweise aufgebrochen und in Längsrichtung geschnitten dargestellte Seitenansicht eines siebten Ausführungsbeispiels.

Ein Elektromotor, beispielsweise ein Drehstromasynchronmotor, weist, wie Fig. 1 zeigt, einen Rotor auf, der aus zwei im Ausführungsbeispiel gleich langen Blechpaketen 1 und 2 besteht, die auf einer gemeinsamen Motorwelle 3 mit einem axialen Abstand voneinander angeordnet sind, der im Ausführungsbeispiel etwas kleiner ist als die axiale Länge der Blechpakete 1 und 2. Ebenso ist der Stator in zwei gleichlange Blechpakete 4 und 5 unterteilt, die auf die Blechpakete 1 bzw. 2 des Rotors ausgerichtet sind. Die Blechpakete 1 und 2 sind mit einer gemeinsamen Stabwicklung versehen, deren Stäbe 6 den zwischen den beiden Motorhälften vorhandenen mittleren Ringraum 7 überbrücken und über die einander abgekehrten Stirnseiten der beiden Blechpakete 1 und 2 überstehen. Dort sind sie zwischen der Stirnfläche und dem freien Ende über einen Kurzschlußring 8 miteinander verbunden. Die beiden Stababschnitte zwischen der Stirnfläche des Blechpaketes und dem Kurzschlußring 8 bzw. zwischen letzterem und dem freien Ende des Stabes 6 bilden je einen Radiallüfter. Die Statorblechpakete 4 und 5 tragen eine gemeinsame Wicklung. Die einander abgekehrten Wickelköpfe 10 liegen in je einem endseitigen Ringraum 11, die durch je eines der beiden Lagerschilde 12 und die diesem zugekehrte Stirnfläche des Rotors und des Stators in axialer Richtung begrenzt sind.

Die beiden Lagerschilde 12 nehmen im Ausführungsbeispiel ein einstückig ausgebildetes Gehäuse zwischen

sich auf.

Wie Fig. 2 zeigt, ist das im Querschnitt quadratische Gehäuse innen an allen vier Wandflächen mit je einer Sitzfläche 16 für das Statorblechpaket 4 oder 5 versehen. Die vier Eckbereiche 9 bilden je einen axialen Kühlkanal 18. Die beiden Rotorblechpakete 1 und 2 sind in an sich bekannter Weise mit im Querschnitt runden, axialen Kühlkanälen 21 versehen, die sich wie die Kühlkanäle 18 von den beiden endseitigen Ringräumen 11 bis zum mittigen Ringraum 7 erstrecken. Daher sind die axialen Kühlkanäle sowohl des Stators als auch des Rotors auf halber Länge in zwei durch den mittleren Ringraum 7 unterbrochene Abschnitte unterteilt.

Diese Unterbrechung der axialen Kühlkanäle 18 und 21 ermöglicht es, die Kühlung mit zwei Luftströmen durchzuführen, die mit entgegengesetzter Strömungsrichtung die Kühlkanäle des aus den Blechpaketen 1 und 4 bestehenden einen Teils und des aus den Blechpaketen 2 und 5 bestehenden anderen Teils des Motors durchströmen. Das Gehäuse 14 ist deshalb nicht nur im Bereich seiner endseitigen Ringräume 11 mit je einer nach oben offenen Luftpuffertöffnung 22 sowie je zwei Luftpuffertöffnungen 22' in den Seitenwänden versehen, sondern auch auf halber Länge mit einer oberen Luftpuffertöffnung 23 und in beiden Seitenwänden je zwei Luftpuffertöffnungen 23', die einen größeren freien Querschnitt haben als die endseitigen Luftpuffertöffnungen.

Je ein auf der Motorwelle 3 in beiden endseitigen Ringräumen 11 angeordneter Radiallüfter 25, dessen Schaufeln im Ausführungsbeispiel ein Deckblech 25' tragen, fördern den einen bzw. anderen Teil der Kühlung durch die Maschine.

Der axiale Abstand sowohl der Blechpakete 1 und 2 des Rotors als auch der Blechpakete 4 und 5 des Stators ist so gewählt, daß der im mittleren Ringraum 7 für die Kühlung zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Querschnitte der in ihn mündenden Abschnitte der axialen Kühlkanäle 18 und 21 ist. Entsprechend ist der axiale Abstand jedes der beiden Lagerschilde 12 von den ihm zugewandten Stirnflächen der Blechpakete 1 und 4 bzw. 2 und 5 so gewählt, daß auch in den endseitigen Ringräumen 11 der der Kühlung zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Querschnitte der in sie mündenden Kühlkanäle 18 und 21 ist. Hierdurch wird zum einen erreicht, daß die Strömungsgeschwindigkeit der Kühlung in den Ringräumen 7 und 11 etwa so groß ist wie in den Kühlkanälen 18 und 21, so daß die in die Ringräume 7 und 11 ragenden Wicklungsteile nicht nur der Statorblechpakete 4 und 5, sondern auch der Rotorblechpakete 1 und 2 eine intensive Kühlung erfahren. Zum anderen wird durch diese Dimensionierung der Ringräume 7 und 11 eine Drosselung oder auch starke Querschnittserweiterungen der Kühlungströme verhindert, was ebenfalls zu einer optimalen Kühlung beiträgt.

Das in den Fig. 3 bis 5 dargestellte zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich nicht grundsätzlich von dem ersten Ausführungsbeispiel. Daher sind sich entsprechende Teile mit gleichen Bezugszahlen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel gekennzeichnet.

Ein Unterschied besteht darin, daß die beiden Statorblechpakete 4 und 5 je eine separate Wicklung tragen, weshalb über die einander zugewandten Stirnseiten dieser beiden Blechpakete je ein Wickelkopf 10' übersteht. Diese beiden Wickelköpfe 10' ragen in den mittigen Ringraum 7. Da es sich bei diesem Ausführungsbeispiel um einen drehstromerregten Stromrichtermotor han-

delt, sind die Stäbe 6 der Rotorwicklung im Bereich des mittleren Ringraumes 7 so zyklisch getauscht, wie es das Wirkungsprinzip eines derartigen Motors verlangt. Wegen der separaten Statorwicklungen kann das Gehäuse auf halber Länge geteilt ausgeführt sein. Mit den beiden Gehäuseteilen 14 ist je eines der Lagerschilde 12 einstückig ausgebildet. Die Teilungsfuge ist mit 15 bezeichnet.

Um die von einem Fremdlüfter 30 geförderte Kühlung möglichst gleichmäßig auf die obere Luftpuffertöffnung 23 und die in den beiden Seitenwänden des Gehäuses vorgesehenen, nicht dargestellten Luftpuffertöffnungen zu verteilen, ist mittig auf das geteilte Gehäuse ein Ringkanal 24 aufgesetzt, der nur zu den Luftpuffertöffnungen der Gehäusenhälften 14 und zum Fremdlüfter 30 hin offen ist. Da der Fremdlüfter 30 im Ausführungsbeispiel oben auf den Ringkanal 24 aufgesetzt ist, ist dessen Lufteintrittsöffnung 24' oben vorgesehen. Es wäre selbstverständlich aber auch möglich, den Fremdlüfter 30 neben einer Seitenwand anzurichten. Der Fremdlüfter 30 wird von den beiden Radiallüftern 25 unterstützt. Seine Leistung kann deshalb geringer gewählt werden, als wenn die Radiallüftern 25 nicht vorhanden wären, was zu geringeren Kosten, einer geringeren Lärmentwicklung und einem kleineren Bauvolumen führt.

Wie Fig. 5 zeigt, sind bei diesem Ausführungsbeispiel für die Statorblechpakete 4 und 5 in den beiden Gehäusenhälften 14 nur je zwei Sitzflächen 16' oben und unten einander gegenüberliegende vorgesehen. Beide Sitzflächen 16' erstrecken sich über einen Winkel von etwa 60°. Für einen direkten Wärmeübergang vom Statorblechpaket zum Gehäuseteil steht deshalb eine relativ große Fläche zur Verfügung. An beide Sitzflächen 16' schließen sich seitlich je ein Flächenbereich 17 an, die einen größeren Krümmungsradius als die Sitzflächen 16' haben und über die die Sitzflächen 16' radial nach innen vorstehen, wodurch spitz auslaufende Endabschnitte der axialen Kühlkanäle 18' vermieden werden. Die Kühlkanäle 18' haben eine sehr große Querschnittsfläche, die sich ihr Querschnitt von der oberen zur unteren Sitzfläche 16' ohne Unterbrechung erstreckt. Die von den Seitenwänden des Gehäuses gebildeten, ebenen Flächenbereiche 19, die diametral zueinander und um 90° gegenüber den Sitzflächen 16' versetzt zwischen je zwei der Flächenbereiche 17 vorgesehen sind, haben von der Außenmantelfläche des Statorblechpaketes 4 bzw. 5 einen so großen Abstand, daß auch noch an der engsten Stelle ein relativ großer Luftpuffertsatz möglich ist. In die Kühlkanäle 18' können Kühlrippen 20 ragen, deren Fuß in je eine Längsnut in der Außenmantelfläche des Statorblechpaketes 4 oder 5 eingesetzt ist, wie dies Fig. 5 zeigt. Die Kühlrippen 20 könnten auch einstückig mit dem Statorblechpaket ausgebildet sein.

Der Fremdlüfter 30 drückt Luft in den mittigen Ringraum 7, von dem aus ungefähr die Hälfte durch die Kühlkanäle 18' und 21 der Blechpakete 4 bzw. 5 in den in Fig. 4 links dargestellten endseitigen Ringraum 11 und die andere Hälfte in entgegengesetzter Richtung durch die Kühlkanäle 18' und 21 der Blechpakete 5 bzw. 2 in den in Fig. 1 rechts dargestellten Ringraum 11 strömt. Sowohl die Blechpakete als auch die Wickelköpfe 10 und 10' und die Rotorwicklung erhalten dabei eine wirksame Kühlung, weil außerdem die Ringräume 7 und 11 wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 und 2 dimensioniert sind. Aus den beiden endseitigen Ringräumen 11 tritt die Luft dann durch die endseitigen Luftpuffertöffnungen 22 aus.

Auch die im mittleren Ringraum 7 und den endseitigen Ringräumen 11 liegenden Abschnitte der Stäbe 6 der Rotorwicklung werden intensiv gekühlt, da sie vollständig im Kühlstrom liegen und dieser eine hohe Strömungsgeschwindigkeit hat.

Durch die relativ kurze Länge der gegensinnig durchströmten Abschnitte der axialen Kühlkanäle 18 und 21 im Vergleich zur Länge bei einer gleichsinnigen Durchströmung läßt sich die thermische Asymmetrie wesentlich reduzieren.

Sofern der Ringkanal 24 entbehrlich ist, kann man, wie Fig. 6 zeigt, den Fremdlüfter 30' unmittelbar an das Gehäuse ansetzen. Es wird dann nur dort, wo der Fremdlüfter 30' angesetzt ist, eine Luftteintrittsöffnung im Gehäuse benötigt, die im Falle einer Anordnung des Fremdlüfters auf halber Länge des Gehäuses auf den mittigen Ringraum 7 ausgerichtet ist. Sofern auch in den Seitenwänden Fenster vorhanden sind, werden diese mit je einem Deckel 23" abgedeckt.

Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das als geschlossene Maschine ausgebildet ist, im übrigen aber weitgehend dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 3 bis 5 entspricht. Mit Teilen des letzteren übereinstimmender Teile sind deshalb mit gleichen Bezugszahlen gekennzeichnet.

Bedingt durch die Ausführung als geschlossene Maschine sind sowohl die auf die endseitigen Ringräume 11 ausgerichteten Luftdurchtrittsöffnungen oder Fenster des Gehäuses als auch die auf den mittigen Ringraum 7 ausgerichteten Luftdurchtrittsöffnungen oder Fenster nicht erforderlich. Sind Fenster vorhanden, werden sie, z. B. mittels Deckeln 23", verschlossen. Dank der beiden Radiallüfter 25 werden zwei innere, gegensinnige Kühlkreisläufe gebildet. Der in Fig. 7 links dargestellte Radiallüfter 25 drückt die Kühlluft durch die axialen Kühlkanäle zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakets 4 und der Innenmantelfläche des Gehäuseteils 14 in den mittigen Ringraum 7. Entsprechend drückt der in Fig. 7 rechts dargestellte Radiallüfter 25 die Kühlluft durch die axialen Kühlkanäle zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakets 5 und der Innenmantelfläche des Gehäuseteils 14 ebenfalls in den mittigen Ringraum 7. Die dort sich vereinigenden beiden Teilströme trennen sich dann wieder, weil die Kühlluft vom mittigen Ringraum 7 durch die das Rotorblechpaket 1 durchdringenden axialen Kühlkanäle 21 in den in Fig. 7 links dargestellten Ringraum 11 gelangt, während die das Rotorblechpaket 2 in axialem Richtung durchdringenden Kühlkanäle 21 zu dem in Fig. 7 rechts dargestellten Ringraum 11 durchströmt werden.

Sofern eine Oberflächenkühlung des Gehäuses erforderlich ist, wird über dieses in axialem Richtung ein Luftstrom hinweggeführt. Im Ausführungsbeispiel wird dieser Luftstrom von einem Radiallüfter 27 erzeugt, der auf dem Ende der Motorwelle 3 außen neben dem in Fig. 7 rechts dargestellten Lagerschild angeordnet und von einer Haube 28 abgedeckt ist, welche die geförderte Luft in die axiale Richtung so umlenkt, daß sie entlang der Außenmantelfläche des Gehäuses strömt.

Auch das in Fig. 8 dargestellte Ausführungsbeispiel ist eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß den Fig. 3 bis 5. Von letzterem unterscheidet es sich im wesentlichen nur dadurch, daß sowohl die beiden endseitigen Ringräume 11 als auch deren mittiger Ringraum 7 durch je ein konzentrisch zur Motorwelle 3 angeordnetes Rohrstück 29 in einen Außenraum und einen Innenraum getrennt ist, und zwar derart, daß zwischen beiden keine direkte oder indirekte Verbindung besteht.

Die von einem auf den Ringkanal 24 aufgesetzten Fremdlüfter 30 geförderte Kühlluft tritt in den Außenraum des mittleren Ringraumes 7 ein und teilt sich hier in zwei zumindest annähernd gleich große Teilströme auf, welche in entgegengesetzten Richtungen die zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakets 4 und der Innenmantelfläche des Gehäuseteils 14 bzw. zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakets 5 und der Innenmantelfläche des Gehäuseteils 14 vorgesehenen axialen Kühlkanäle durchströmt. Der eine Teilstrom gelangt dann in den Außenraum des in Fig. 8 rechts dargestellten endseitigen Ringraumes, von dem er durch die Luftdurchtrittsöffnungen 22 nach außen tritt. Entsprechend gelangt der andere Teilstrom in den Außenraum des in Fig. 8 links dargestellten Ringraumes 11 und von diesem aus durch die Luftaustrittsöffnungen 22 nach außen. Hierdurch ist eine wirkungsvolle Kühlung der beiden Statorblechpakete 4 und 5 sichergestellt.

Wenn, wie im Ausführungsbeispiel, die beiden Statorblechpakete 4 und 5 nicht von axialen Kühlkanälen durchdrungen werden, die in den Innenräumen der Ringräume 7 und 11 münden, brauchen in den endseitigen Ringräumen 11 keine Radiallüfter angeordnet zu sein, da sich dann keine durch die Blechpakete 1 und 4 bzw. 2 und 5 hindurch sich schließende Kühlkreisläufe ausbilden können.

Auch das in Fig. 9 dargestellte Ausführungsbeispiel stimmt in den wesentlichen Teilen mit dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 3 bis 5 überein, weshalb für übereinstimmende Teile gleiche Bezugszahlen verwendet sind und insoweit auf die Ausführungen zu dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 3 bis 5 Bezug genommen wird.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 ist ebenfalls als eine geschlossene Maschine ausgebildet, wobei allerdings die beiden die Blechpakete 1 und 4 einerseits und die Blechpakete 2 und 5 andererseits in entgegengesetzten Richtungen durchströmenden Kühlluftteilströme sich über wenigstens einen oben und/oder seitlich auf das Gehäuse aufgesetzten Rückführungskanal 40 schließen. Dieser Rückführungskanal 40 überdeckt die in der oberen Begrenzungswand des Gehäuses vorgesehenen, auf die beiden endseitigen Ringräume 11 ausgerichteten, vom Statorblechpaket 4 bzw. 5 aus etwas mehr als zur Hälfte abgedeckten Luftdurchtrittsöffnungen 22 und die auf den mittigen Ringraum 7 ausgerichtete Luftdurchtrittsöffnung 23. Die von dem in Fig. 9 links dargestellten Radiallüfter 25 geförderte Luft tritt durch die Luftaustrittsöffnung 22 hindurch in den Rückführungskanal 40 ein, in dem sie, in Fig. 9 nach rechts, bis zu der Luftdurchtrittsöffnung 23 strömt, durch die hindurch sie in den mittigen Ringraum 7 eintritt. Die von dem in Fig. 9 rechts dargestellten Radiallüfter 25 geförderte Luft tritt durch die Luftaustrittsöffnung 22 ebenfalls in den Rückführungskanal 40 ein, strömt in diesem aber in entgegengesetzter Richtung zum anderen Kühlluftteilstrom, in Fig. 9 also nach links, zur Luftdurchtrittsöffnung 23 und durch diese hindurch ebenfalls in den Ringraum 7. Dort teilt sich die Kühlung wieder in zwei Teilströme auf, von denen der eine durch die Kühlkanäle des Rotorblechpakets 1 sowie die Kühlkanäle zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakets 4 und der Innenmantelfläche des Gehäuseteils 14 in den in Fig. 9 links dargestellten Ringraum 11 strömt, während der andere Teilstrom durch die Kühlkanäle des Rotorblechpakets 2 und die Kühlkanäle zwischen der Außenmantelfläche des Statorblechpakets 5 und der In-

nenmantelfläche des Gehäuseteils 14 in den in Fig. 9 rechts dargestellten Ringraum 11 strömt.

Der Rückführungskanal 40 bildet den einen Teil eines Wärmetauschers, dessen anderer Teil sich an die Oberseite des Rückführungskanals 40 anschließt und einen sich über einen Teil oder, wie im Ausführungsbeispiel, über die gesamte Maschinenlänge erstreckenden Luftführungskanal 41 bildet. An das in Fig. 9 rechts dargestellte Ende dieses Luftführungskanals 41 schließt sich eine gegenüber der Haube 28 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 7 geringfügig modifizierte Haube 28' an, welche den Radiallüfter 27 überdeckt, welcher auf der Motorwelle 3 festgelegt ist. Dieser Radiallüfter 27 kann auch als Axialrad ausgelegt werden mit dann angepaßter Einlaufhaube, und beide Auslegungsarten können mittels eines aufgesetzten Hilfsmotors starr angetrieben als Fremdbelüftung ausgeführt sein. Zur Verbesserung des Wärmeaustausches sind im Ausführungsbeispiel Rippen 40' bzw. 41' vorgesehen, welche sich in Richtung des Rückführungskanals 40 bzw. des Luftführungskanals 41 erstrecken und von der beiden Kanälen gemeinsamen Zwischenwand in den einen bzw. anderen Kanal ragen. Die Rippen 40' können sich auch unterbrechungsfrei über die gesamte Länge des Rückführungskanals 40 erstrecken.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 10 zeigt zum einen, daß das Gehäuse 114 keine mittige Teilung aufzuweisen braucht und die Lagerschilde 112 mit dem Gehäuse 114 verschraubt sein können. Ferner zeigt Fig. 10, daß man die Kühlluft auch durch die endseitigen Luftdurchtrittsöffnungen einblasen und durch die mittigen Durchtrittsöffnungen 123 austreten lassen kann. Die axialen Kühlkanäle werden dann in entgegengesetzter Richtung durchströmt. Für die Kühlluftzufuhr sind zwei Radialgebläse 130 auf das Gehäuse 114 im Bereich von dessen beiden Endabschnitten aufgesetzt. Diese Radialgebläse 130 könnten aber auch seitlich an das Gehäuse 114 angebaut sein. Die Luftförderung beider Radialgebläse 130 kann durch einen Radiallüfter unterstützt werden, der beidseitig mit Schaufeln versehen ist und auf der Motorwelle und/oder den Stäben der Rotorwicklung in dem dem mittigen Ringraum 7 entsprechenden Raum angeordnet ist.

Wegen weiterer Einzelheiten wird auf die Ausführungen zu dem ersten Ausführungsbeispiel Bezug genommen, da insoweit keine Unterschiede bestehen. Allenfalls wird im Bereich der endseitigen Luftdurchtrittsöffnungen je ein äußerer Ringkanal benötigt, um die von den Radialgebläsen 130 gelieferte Kühlluft möglichst gleichmäßig auf mehrere in Umfangsrichtung versetzte angeordnete Luftdurchtrittsöffnungen verteilen zu können.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 11 unterscheidet sich von demjenigen gemäß Fig. 9 im wesentlichen nur durch eine andere Ausbildung und Anordnung der Lüftterräder und des für diese vorgesehenen Fremdantriebes. Deshalb sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszahlen versehen und im folgenden nur die Unterschiede erläutert.

Statt des Lüfterrades 27 auf dem einen Ende der Motorwelle 3 ist ein Radiallüfterrad 127 mit vertikaler Drehachse auf halber Länge des Luftführungskanals 41 in diesem angeordnet, was wegen der rechteckförmigen Außenkontur des Motors und der dementsprechend ebenen oberen und unteren Begrenzungsfächen 128 des Luftführungskanals 41 ohne weiteres möglich ist. In der außenliegenden Begrenzungsfäche 128 ist ein auf das Fenster 23 ausgerichtetes Fenster 129 vorgesehen,

über dem ein Antriebsmotor 131 derart angeordnet ist, daß ein genügend großer Luftdurchtrittsquerschnitt frei bleibt. Im Ausführungsbeispiel ist deshalb der Antriebsmotor 131 mittels eines einzelne Arme 131' bildenden Flansches an der außenliegenden Begrenzungsfäche festgelegt. Die Welle des Antriebsmotors 131, welche das Radiallüfterrad 127 trägt, welches die durch das Fenster 129 hindurch angesaugte Luft durch die Luftführungskanäle, bei einer Blickrichtung gemäß Fig. 11 nach rechts und links bläst, durchdringt abgedichtet die innenliegende Begrenzungsfäche 128 und die an dieser anliegende Begrenzungsfäche des Rückführungskanals 40 und trägt auf dem im Rückführungskanal 40 liegenden Abschnitt ein zweites Radiallüfterrad 112. Dieser ersetzt die beiden auf der Motorwelle sitzenden Radiallüfter und drückt die aus dem mittigen Ringraum 7 angesaugte Luft durch die beiden Rückführungskanäle 40. Da das Lüfterrad 27 entfällt, wird auch dessen Haube 28' nicht mehr benötigt.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit zwei auf einer gemeinsamen Welle in axialem Abstand voneinander angeordneten Rotorblechpaketen, zwei in entsprechendem Abstand voneinander angeordneten Statorblechpaketen und einer Kühleinrichtung, die eine Luftförderseinrichtung sowie in axialer Richtung verlaufende Kühlkanäle aufweist, welche infolge des axialen Abstandes der Blechpakete je in zwei Abschnitte unterteilt und derart mit der Luftförderseinrichtung verbunden sind, daß die beiden Abschnitte jedes Kühlkanals in entgegengesetzter Richtung durchströmt werden und in dem Ringraum zwischen den Blechpaketen die Kühlluft aus einer axialen Richtung in eine radiale Richtung oder umgekehrt umgelenkt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der axiale Abstand der Blechpakete (1, 2, 4, 5) so gewählt ist, daß der im Ringraum (7) zwischen den Blechpaketen (1, 2, 4, 5) für die Kühlluft zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Strömungsquerschnitte aller in diesen Ringraum (7) unmittelbar mündenden Kühlkanäle (18, 18', 21) ist.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Teil (21) der Kühlkanäle den beiden Rotorblechpaketen (1, 2) und der andere Teil den beiden Statorblechpaketen (4, 5) zugeordnet ist.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den einander abgewandten Stirnflächen der Blechpakete (1, 2, 4, 5) und je einem Lagerschild (12) so gewählt ist, daß in diesen beiden endseitigen Ringräumen (11), in denen die Kühlluft aus einer axialen in eine radiale Richtung oder umgekehrt umgelenkt wird, der für die Kühlluft zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Strömungsquerschnitte der in den endseitigen Ringraum (11) mündenden Kühlkanäle (18, 18', 21) ist.

4. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im mittleren Ringraum (7) die sich vom einen zum andern Rotorblechpaket (1, 2) erstreckende Rotorwicklung (6) frei im Kühlstrom liegt.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie in ihrem Mantel

Luftdurchtrittsöffnungen (22, 23, 23', 123) aufweist, von denen wenigstens jeweils eine auf den zwischen den Blechpaketen (1, 2, 4, 5) vorhandenen, mittleren Ringraum (7) und auf die beiden endseitigen Ringräume (11) ausgerichtet ist.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch abnehmbare Abdeckungen (23") für die nicht benötigten Luftdurchtrittsöffnungen.

7. Elektrische Maschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Durchzugsbelüftung entweder je ein Kühllufteneintritt (22) im Bereich der beiden Maschinenendabschnitte und ein Kühlluftaustritt (23, 23') im Bereich zwischen den beiden Statorblechpaketen (4, 5) oder ein Kühllufteneintritt (23, 23') zwischen den beiden Statorblechpaketen (4, 5) und ein Kühlluftaustritt (22) in den beiden Maschinenendabschnitten vorgesehen ist.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die für den Kühllufteneintritt und den Kühlluftaustritt in einem die Statorblechpakete (4, 5) und die Rotorblechpakete (1, 2) aufnehmenden Gehäuse (14) im Bereich der beiden Maschinenendabschnitte und dem Zwischenraum zwischen den Statorblechpaketen (4, 5) als Luftdurchtrittsöffnungen vorgesehenen Fenster (22, 23, 23') an wenigstens einen Kanal (40) angeschlossen sind, der einen Rückschluß für die beiden gegensinnigen Kühlluftkreisläufe bildet und mit einem Wärmetauscher in wärmeleitender Verbindung steht oder wenigstens einen Teil eines Wärmetauschers bildet.

9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß alle drei Ringräume (7, 11) durch je eine Zwischenwand (29) in einen Innenraum und einen Außenraum unterteilt sind, auf die Außenräume wenigstens je einer der Luftdurchtrittsöffnungen (22, 23, 23') des Gehäuses (14) ausgerichtet ist und die Außenräume der endseitigen Ringräume (11) über die in entgegengesetzter Richtung durchströmten Kühlkanäle (18, 18') der Statorblechpakete oder über zwischen den Statorblechpaketen (4, 5) und dem Gehäuse (14) vorhandene Kühlkanäle mit dem Außenraum des mittigen Ringraumes (7) verbunden sind.

10. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie geschlossen ausgeführt ist und zwei gegensinnige Kühlkreisläufe aufweist, die sich je über Kühlkanäle (21) im einen bzw. anderen Rotorblechpaket (1, 2) sowie Kühlkanäle der jeweils zugeordneten Statorblechpakete (4, 5) und/oder Kühlkanäle (18, 18') zwischen dem Statorblechpaket und einem Gehäuse (14) und über Ringräume (7, 11) zwischen den einander zugewandten Stirnseiten der Blechpakete (1, 2, 4, 5) sowie neben den einander abgekehrten Stirnseiten der Blechpakete (1, 2, 4, 5) schließen.

11. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Blechpakete (4, 5) des Stators separate Wicklungen tragen, deren gegeneinander weisende Wickelköpfe (9, 10) in den von der Kühlluft durchströmten Ringraum zwischen den Statorblechpaketen ragen.

12. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das im Querschnitt zumindest im wesentlichen rechteckförmige Gehäuse (14; 114) als Sitz für den Stator (4,

5) nur zwei diametral angeordnete Sitzflächen (16) aufweist.

13. Elektrische Maschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenflächen des Gehäuses (14; 114) in den beiden Bereichen (19), die gegenüber den Sitzflächen (16) um 90° in Umfangsrichtung versetzt sind, durch zwei zueinander und zur Maschinenlängssachse wenigstens annähernd parallele Ebenen gebildet sind, daß die vier Bereiche (17) der Gehäuseinnenfläche, die zwischen den beiden Ebenen (19) und den Sitzflächen (16) liegen, einen größeren Krümmungsradius als die Sitzflächen (16) haben und daß die Sitzflächen (16) bevorzugt radial nach innen über die sich seitlich anschließenden Bereiche (17) der Gehäuseinnenfläche vorspringen.

14. Elektrische Maschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der beiden Ebenen (19) voneinander größer ist als der Innendurchmesser des Gehäuses (14; 114) im Bereich der Sitzflächen (16).

15. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse in seinem Mittelabschnitt geteilt ist.

16. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile (14) des Gehäuses je eine topartige Form haben.

17. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß mit jeder im Mittelabschnitt des Gehäuses (14; 114) vorgesehenen Luftdurchtrittsöffnung (23) und/oder jeder endseitigen Luftdurchtrittsöffnung (22) wenigstens ein Fremdlüfter (130) in Verbindung steht.

18. Elektrische Maschine nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch einen außen auf das Gehäuse aufgesetzten Ringkanal (24), welcher den Fremdlüfter (30) mit wenigstens zwei in Umfangsrichtung des Gehäuses versetzt angeordneten Luftdurchtrittsöffnungen (23) verbindet.

19. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lüfterrad im Zwischenraum (7) zwischen den Blechpaketen (1, 2, 4, 5) des Stators und des Rotors und/oder je ein Lüfterrad (25) neben den von einander weg weisenden Stirnseiten der Blechpakete angeordnet ist.

20. Elektrische Maschine nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Lüfterrad im Zwischenraum (7) zwischen den Blechpaketen des Stators und des Rotors auf beiden Seiten einer Trägerscheibe mit Schaufeln versehen ist.

21. Elektrische Maschine nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Lüfterrad auf Stäben (6) der Rotorwicklung und/oder einem auf der Welle (3) zwischen den beiden Teilen (1, 2) des Rotors festgelegten Träger angeordnet ist.

22. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Stäbe (6) der Rotorwicklung im mittigen Zwischenraum (7) teilweise durch Luftleitelemente (31) abgedeckt sind.

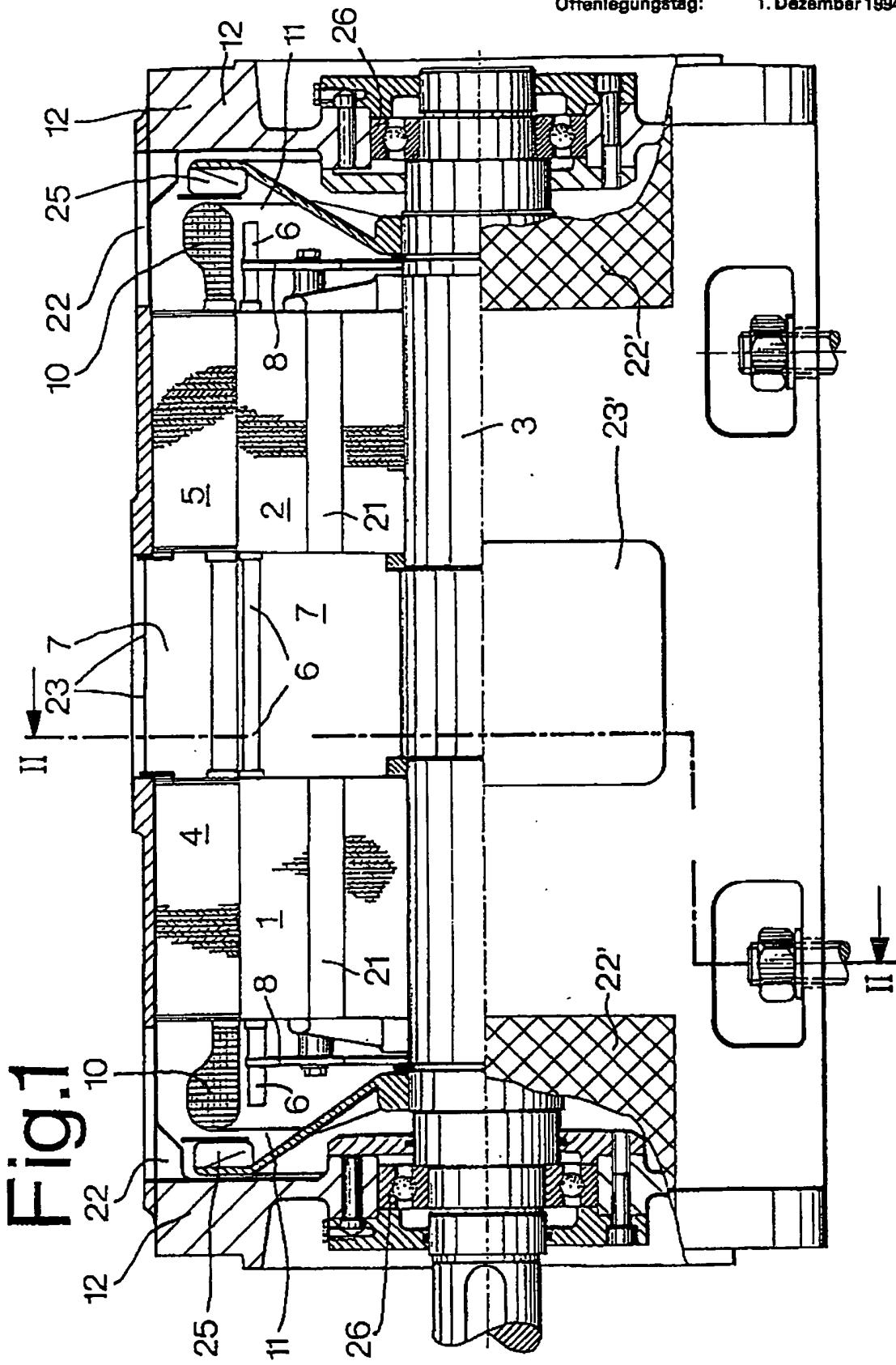


Fig.2

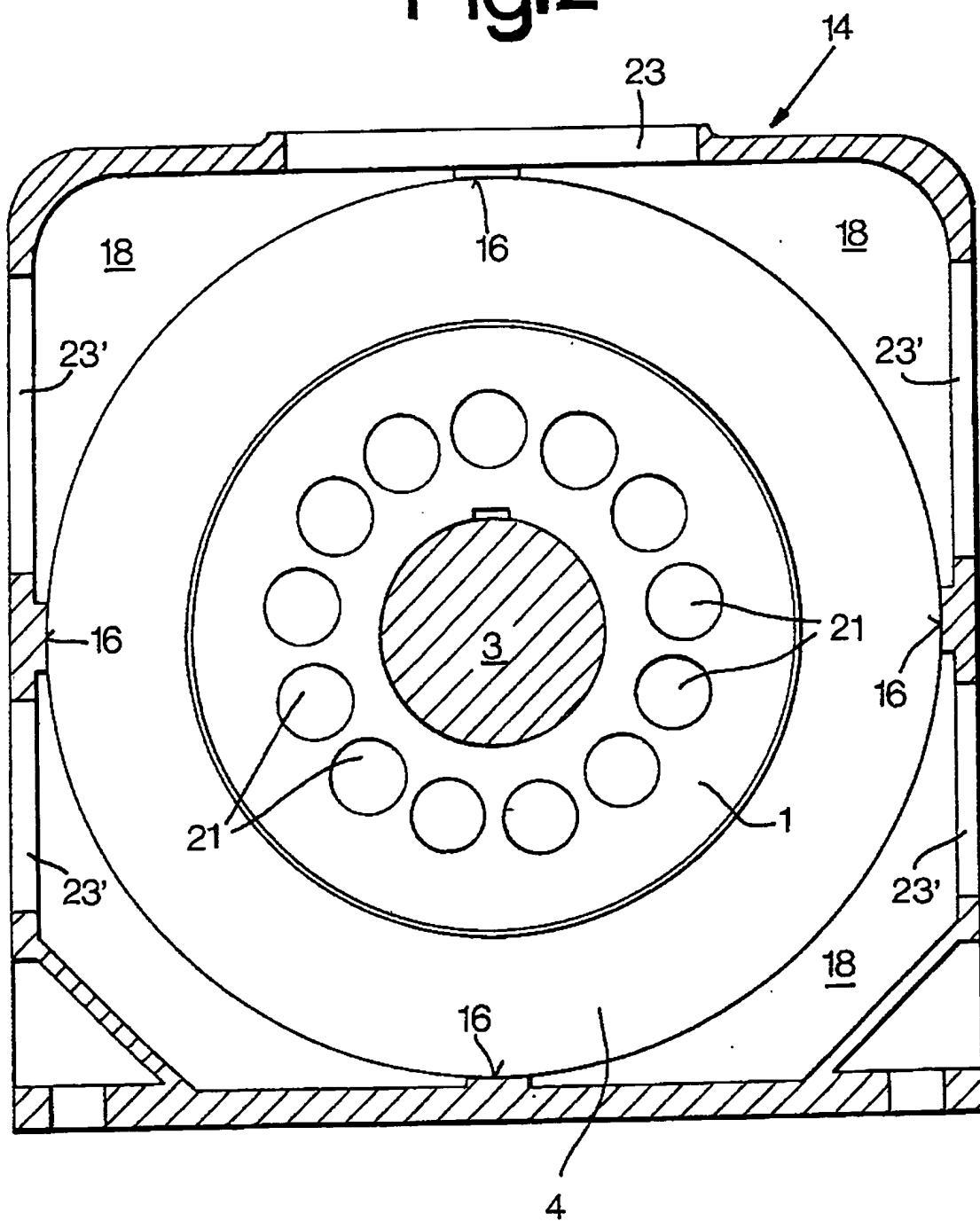


Fig.3

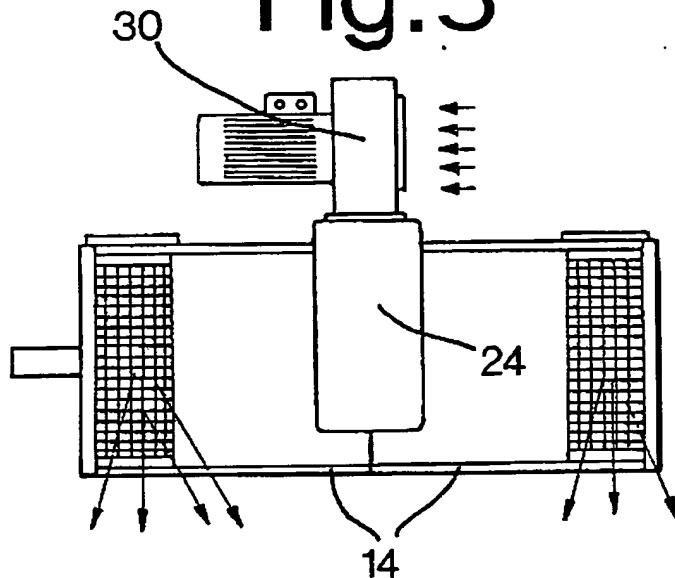
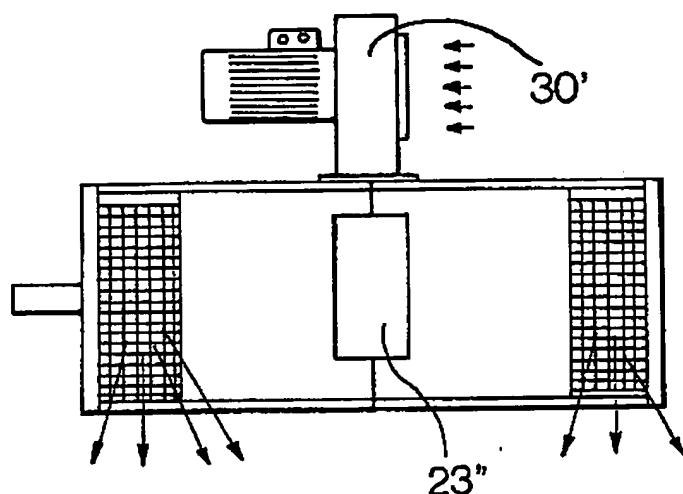
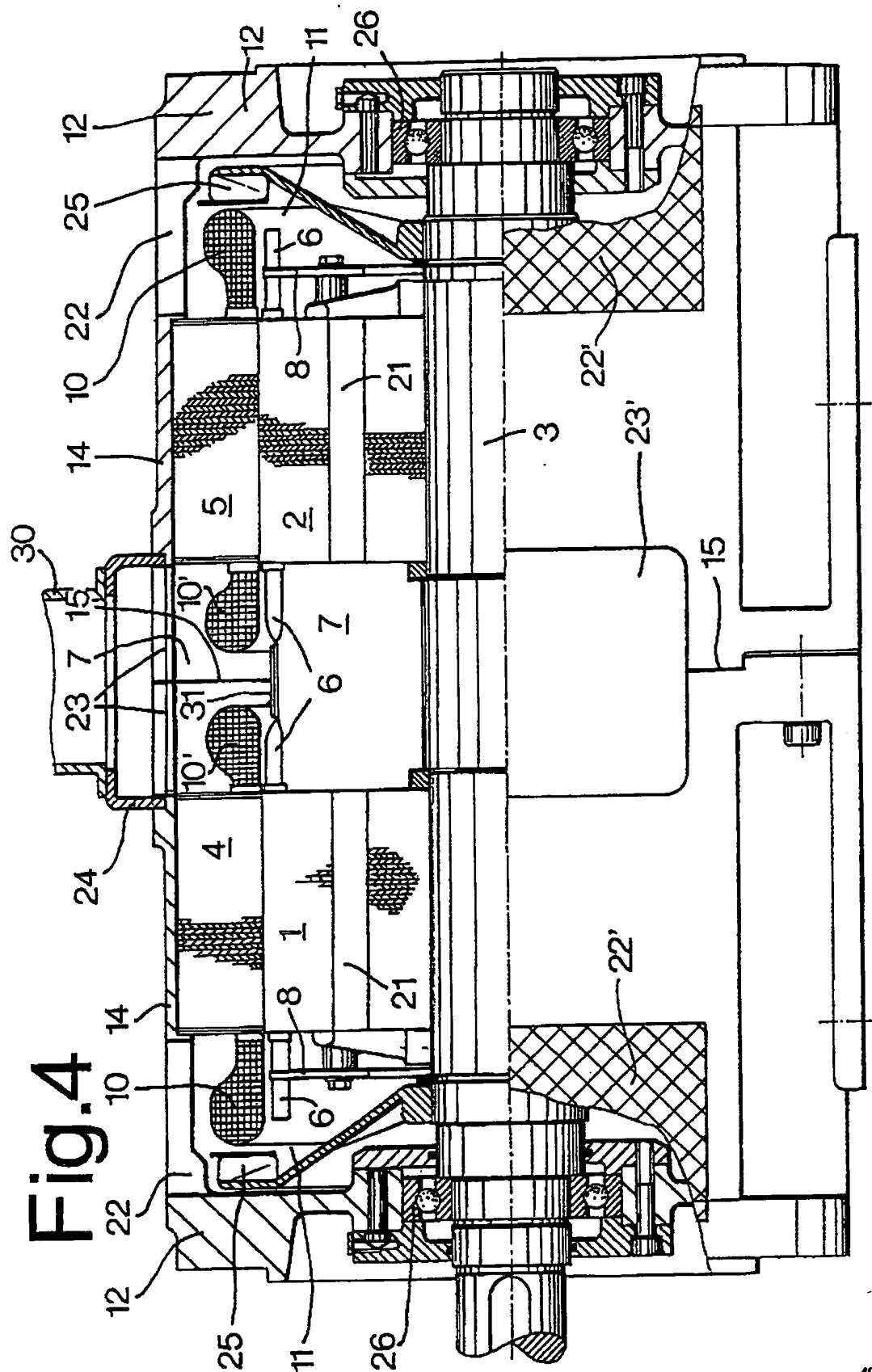


Fig.6





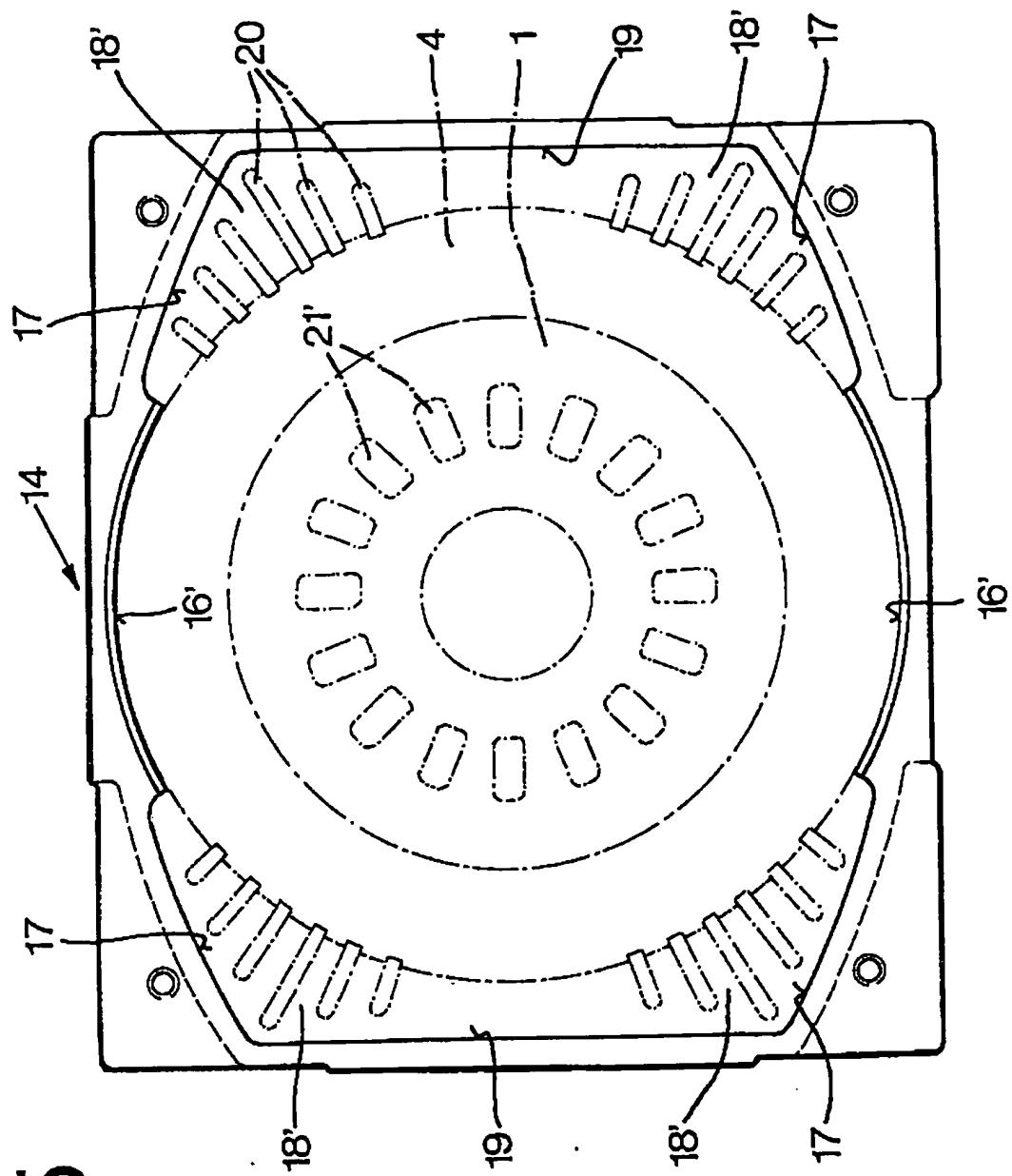
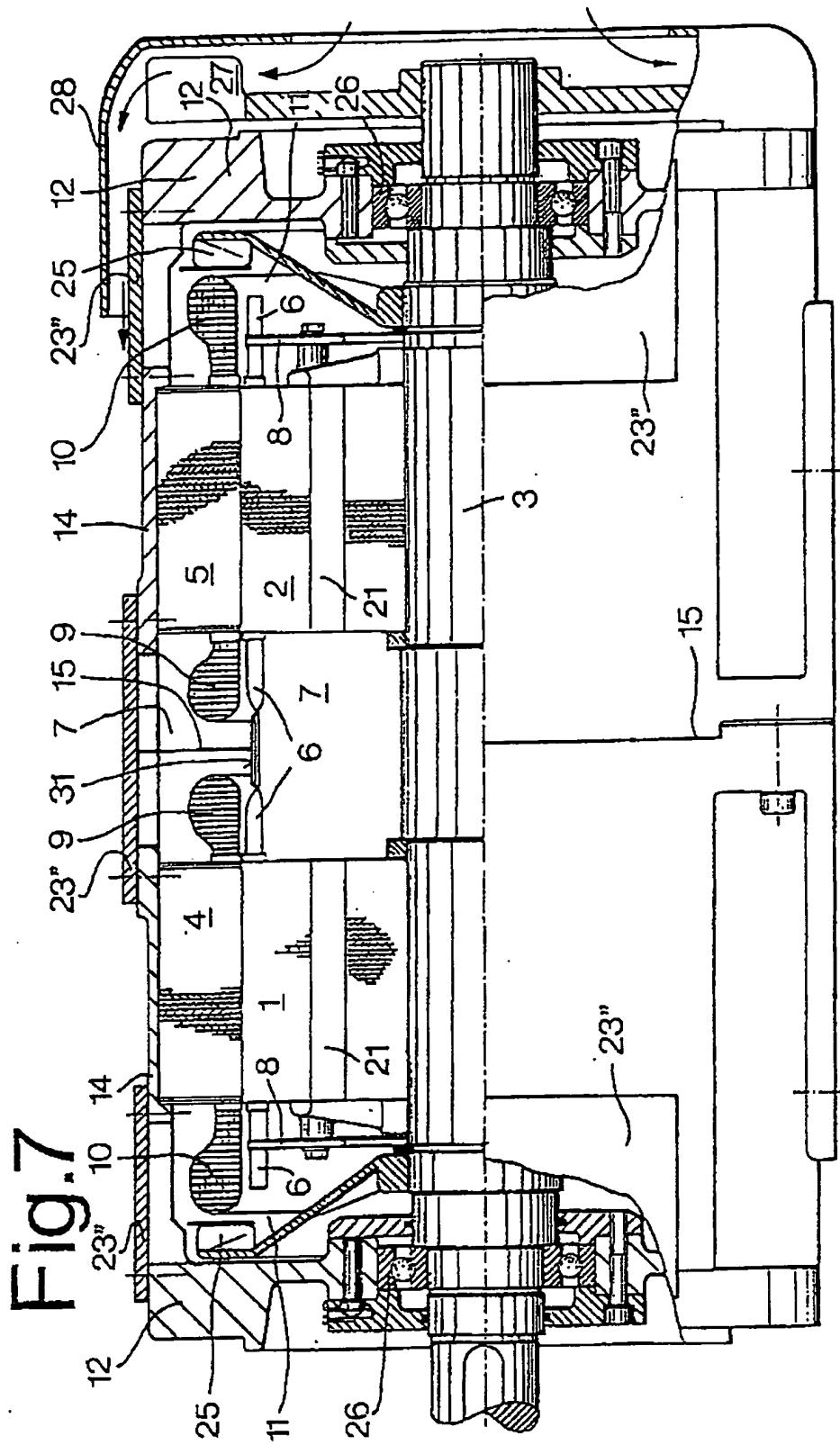


Fig.5



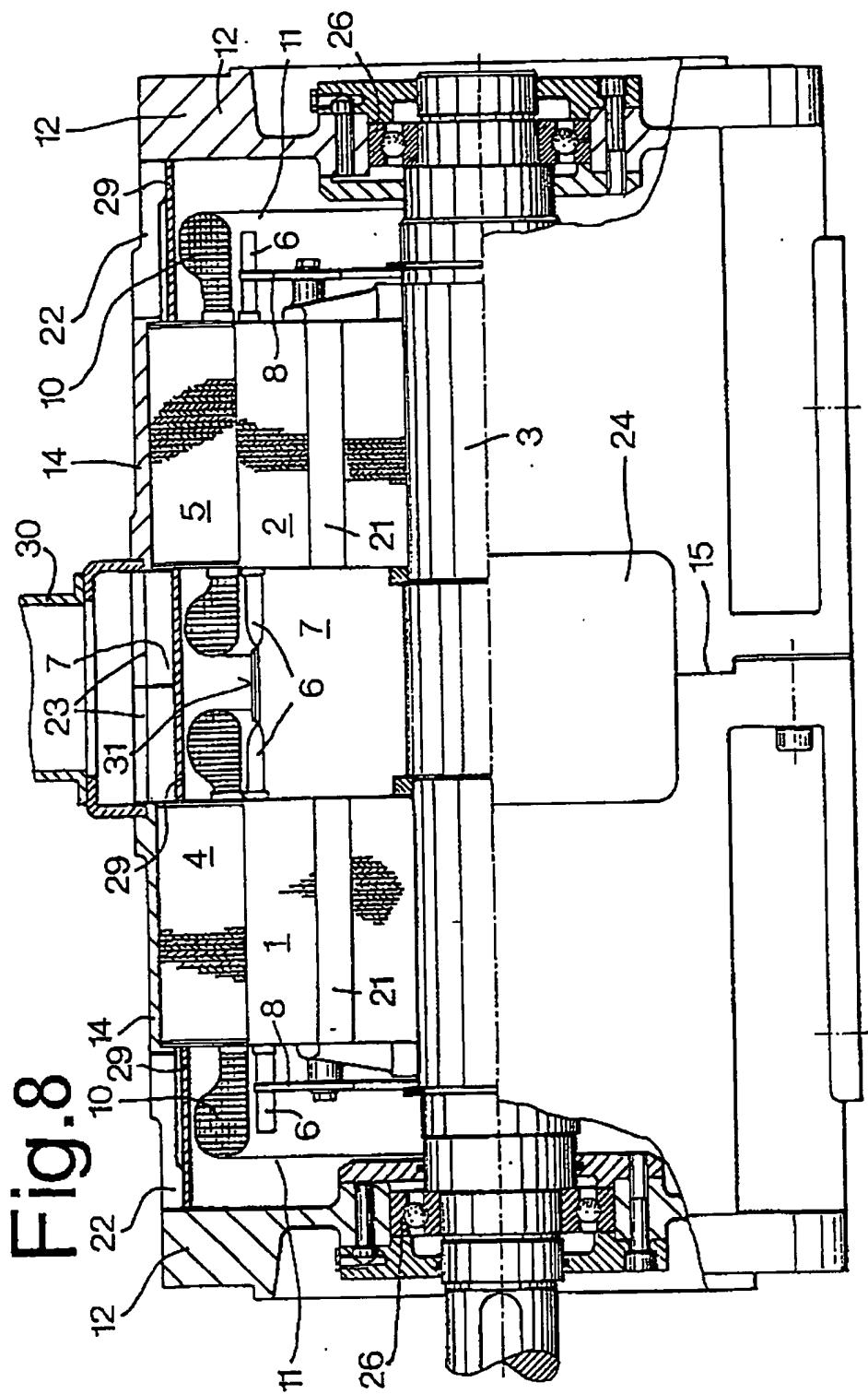


Fig. 8

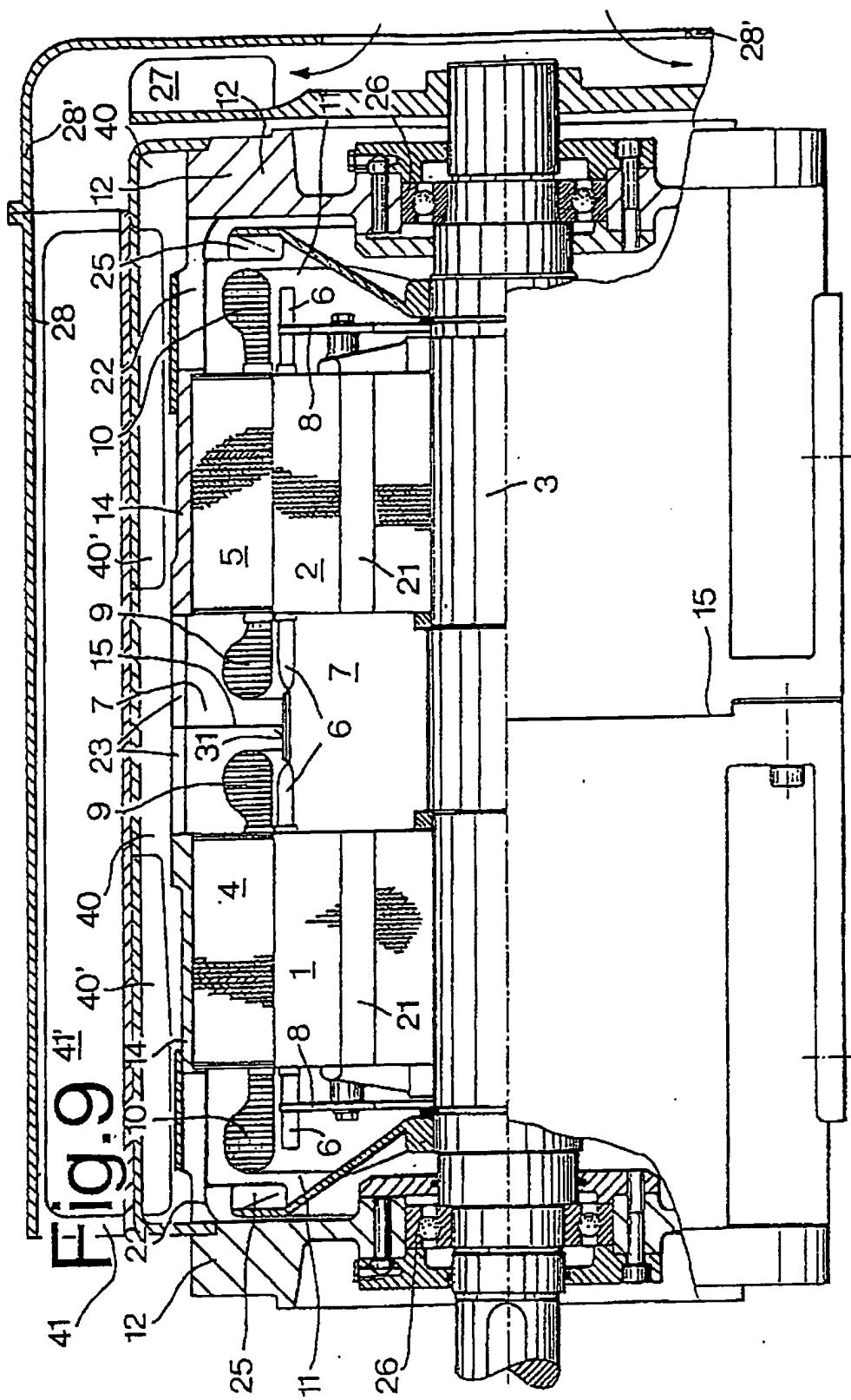


Fig.10

